



การศึกษาประสิทธิภาพในการใช้หุ้มสลาบลวง เป็นฉนวนกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

สุดินัย ยามศรีสุข

บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธดา พุฒิปาโรจน์

ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

อาจารย์วรรธม อุ่นจิตติชัย

กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ กรมป่าไม้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิต และประสิทธิภาพของฉนวนกันความร้อนจากหุ้มสลาบลวง หรือตันรูปถั่ว การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างฉนวนที่ผลิตจากหุ้มสลาบลวงที่ไม่ผ่านการป่นย่อย และผ่านการป่นย่อย ไปจนถึงการเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนกับวัสดุในท้องตลาด การศึกษาประกอบด้วย (1) การผลิตแผ่นฉนวน โดยมีวิธีการกำจัดไข (Wax) จากผิวใบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดกาวให้ดีขึ้น โดยโครงสร้างโพรงอากาศภายในไม่เกิดความเสียหาย การทดสอบกาวที่สามารถผลิตหุ้มสลาบลวงให้เป็นแผ่นฉนวน การผลิตวัตถุดิบ และการผลิตฉนวนความหนาแน่น 200,400 และ 800 กก./ลบ.ม. ความหนา 9 มม. (2) การศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อน (3) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนกับวัสดุในท้องตลาด (4) ประเมินราคาต้นทุนการผลิต

จากการศึกษาพบว่า (1) มีเพียงวิธีการต้มหุ้มสลาบลวงกับสารละลายโซดาไฟ (Sodium Hydroxide) ความเข้มข้น 20 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 10 นาที ที่สามารถกำจัดไขได้ และโครงสร้างภายในของหุ้มสลาบลวงยังสมบูรณ์ แต่พบว่าหุ้มสลาบลวงที่ไม่ผ่านการกำจัดไขก็สามารถผลิตเป็นแผ่นฉนวนได้ โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins) เป็นสารยึดติดในปริมาณ 5 % ของน้ำหนักแผ่น อัตราอุณหภูมิ 150 °C ที่แรงดัน 170 กก./ตร.ซม. เวลาในการอัตรา 5 นาที (2) การทดสอบคุณสมบัติพบว่า มีเพียงฉนวนที่มีความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. แบบคงรูปโครงสร้างใบมีคุณสมบัติโดยรวมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905:2003 (Insulation board) มากกว่าแบบป่นย่อย และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.048 วัตต์/ม.เคลวิน สูงกว่าแบบป่นย่อยอยู่ 0.007 วัตต์/ม.เคลวิน (3) การเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนเมื่อใช้เป็นผนังภายใน



พบว่า ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม. มีอุณหภูมิภายในกล่องเฉลี่ยทั้ง 3 วัน ต่ำกว่าฉนวนความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. และแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. อยู่ 0.27 และ 0.23 °C ตามลำดับ และมีอุณหภูมิผิวภายในต่ำกว่าอยู่ 0.53 และ 0.44 °C ตามลำดับ และเมื่อใช้เป็นฉนวนพบว่า ฉนวนความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. มีอุณหภูมิภายในกล่องสูงกว่าฉนวนโฟมโพลีเอทรีลีนหนา 10 มม. และฉนวนใยแก้วหนา 25 มม. อยู่ที่ 0.09 และ 0.73 °C ตามลำดับ และมีอุณหภูมิผิวภายในสูงกว่า 0.1 และ 1.37 °C ตามลำดับ (4) การประเมินราคาต้นทุนพบว่า ราคาต่อตารางเมตรของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. มีราคาต่ำสุดคือ 16 บาท ต่ำกว่าแบบป่นย่อยที่ความหนาแน่นเดียวกันซึ่งมีราคา 20 บาท อยู่ 27 % และต้นทุนส่วนใหญ่อยู่ที่กาโอโซไซยานेट ซึ่งคิดเป็น 79 % ของแบบคงรูปโครงสร้างใบ และ 57% ของแบบป่นย่อย จากการศึกษาสรุปได้ว่าหญ้าสลาบลวงที่ไม่ผ่านการป่นย่อยสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนได้ และฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีคุณสมบัติดีกว่าแบบป่นย่อย และเมื่อผลิตที่ความหนาแน่นต่ำ (200 กก./ลบ.ม.) พบว่าแผ่นฉนวนที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีกว่าแผ่นฉนวนที่มีความหนาแน่นสูง (400,800 กก./ลบ.ม.) ทั้งนี้เมื่อประเมินราคาต้นทุนการผลิตแล้วพบว่าฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีราคาต้นทุนต่ำกว่าแบบป่นย่อย

คำสำคัญ : ฉนวนกันความร้อน / หญ้าสลาบลวง / ต้นธูปฤาษี / กาโอโซไซยานेट

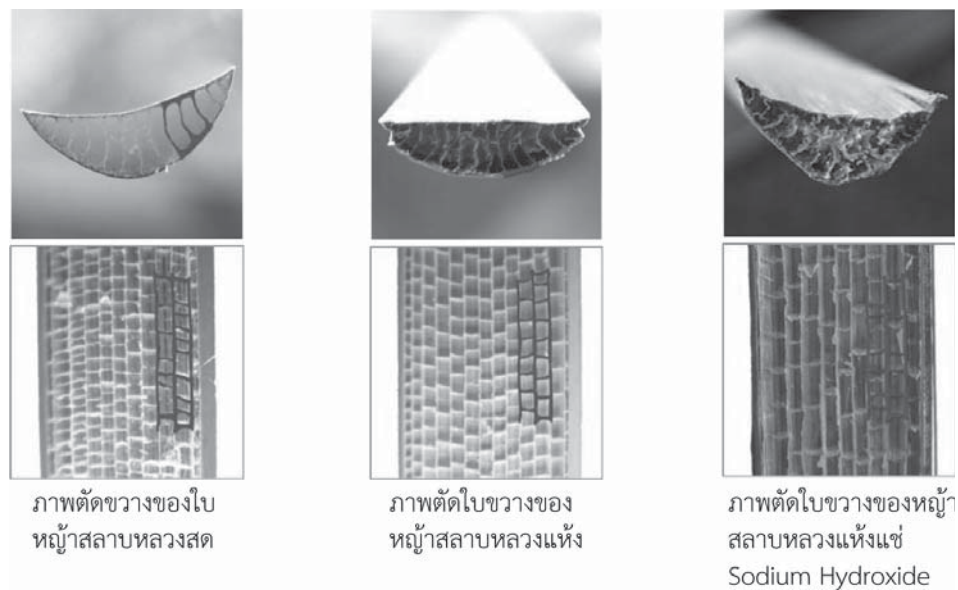
ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) เป็นวัสดุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญซึ่งช่วยในการลดความร้อนเข้าสู่ในอาคาร และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการปรับอากาศ โดยฉนวนที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว และโฟม ซึ่งใช้วัตถุดิบที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จึงทำให้เกิดปัญหาด้านดุลยภาพการค้า

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาหาวัสดุธรรมชาติ ที่สามารถนำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อน ให้สามารถใช้งานทดแทนฉนวนใยแก้ว และโฟม โดยต้องเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงเลือกศึกษาวัสดุจากพืช โดยเฉพาะหญ้าสลาบลวง หรือต้นธูปฤาษี (*Typha angustifolia* L.) ซึ่งเป็นวัชพืชที่มีเซลลูโลส (Cellulose) เป็นส่วนประกอบอยู่สูงถึงร้อยละ 63 (อนุกรมวิธานพืช อักษร ก. 2546:2) และยังมีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศขนาดเล็กที่ปิดทึบ (Air Gap) ดังที่แสดงในภาพที่ 1 ซึ่งมีความสอดคล้องกับที่กล่าวไว้ในคู่มือการใช้ฉนวนที่ว่าด้วย “วัสดุฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงอากาศเล็กๆ ภายในมีลักษณะปิดทึบที่เกิดจากเกล็ด (Flakes) เส้นใย (Fibers) หรือเซลล์ของวัสดุนั่นเอง ซึ่งทำหน้าที่ต้านทานการไหลของอากาศโดยการพาความร้อน” และมีการศึกษาวิจัยอยู่บางส่วนแล้ว แต่เป็นการนำมาผลิตเป็นแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (สัญญา โชคดีพาณิชย์, 2548) และ (รัตติยา มณีศรี, 2549) การใช้หญ้าสลาบลวงที่ผ่านการป่นย่อยแบบวัตถุดิบของปาร์ติเกิลบอร์ด (Particleboards)



ทั่วไปมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาหาสลาบลวทงที่ไม่ผ่านกระบวนการป่นย่อย โดยคงรูปโครงสร้างใบไว้ เพื่ออาศัยความเป็นฉนวนที่ได้จากโพรงอากาศนี้ภายในใบของหาสลาบลวทง ดังนั้นด้วยคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้ศึกษามา จึงมีสมมติฐานว่าน่าจะมีที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตฉนวนกันความร้อนอาคารได้ ซึ่งหากมีคุณสมบัติเหมาะสมดังที่กล่าวมาข้างต้นก็จะสามารถช่วยลดการนำเข้าสู่ของวัสดุฉนวนจากต่างประเทศ



ภาพที่ 1: ภาพแสดงโพรงอากาศภายในใบของหาสลาบลวทง

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้หาสลาบลวทงเพื่อผลิตเป็นฉนวนกันความร้อน และเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อนของฉนวนจากหาสลาบลวทงแบบคงรูปโครงสร้างใบกับแบบป่นย่อยที่ใช้วิธีการผลิตเดียวกับแผ่นปาร์เกิลบอร์ด (Particleboards)
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน ของฉนวนจากหาสลาบลวทงแบบคงรูปโครงสร้างใบที่ผลิตให้มีความหนาแน่นสูง กับวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนภายในที่นิยมใช้ในท้องตลาด เช่น แผ่นยิปซัมบอร์ด และเปรียบเทียบฉนวนที่ผลิตให้มีความหนาแน่นต่ำ กับฉนวนที่นิยมใช้ในท้องตลาดเช่น ฉนวนใยแก้ว และฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน (PE, Polyethylene Foam)
3. เพื่อประเมินราคาต้นทุนการผลิตของฉนวนจากหาสลาบลวทงทั้งแบบคงรูปโครงสร้างใบและแบบป่นย่อย



สมมุติฐานของการศึกษา

1. ฉนวนกันความร้อนจากหญ้าสลาบลวงแบบคงรูปโครงสร้างใบมีคุณสมบัติเชิงกายภาพเชิงกล และเชิงความร้อนดีกว่าฉนวนจากหญ้าสลาบลวงแบบป่นย่อย
2. ฉนวนกันความร้อนจากหญ้าสลาบลวงที่มีความหนาแน่นต่ำ มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีกว่าแผ่นที่มีความหนาแน่นสูง

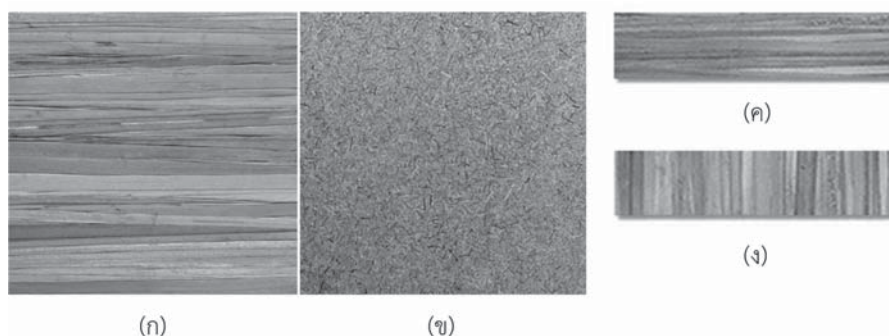
วิธีการศึกษาวิจัย

1. การผลิตแผ่นฉนวนจากหญ้าสลาบลวง โดยครอบคลุมการศึกษาดังนี้
 - 1.1 ทดลองกำจัดไข (Wax) จากผิวใบหญ้าสลาบลวง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดกาให้ดีขึ้น ด้วยการแช่ หรือต้มหญ้าสลาบลวงแห้งกับสารละลายโซดาไฟ (Sodium Hydroxide) โดยใช้ความเข้มข้นในการแช่ที่ 3.5, 4.5 และ 5.5 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือต้มโดยใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 3.5 ถึง 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 10 นาทีไปจนถึง 2 ชั่วโมง
 - 1.2 ทดลองสารยึดติดในการผลิตแผ่นฉนวน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นแผ่นฉนวนจากหญ้าสลาบลวงที่ผ่านการกำจัดไข และไม่ผ่านการกำจัดไข โดยใช้กาวยูเรีย - พอร์มาดีไฮด์ และกาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins, กาว pMDI) เป็นสารยึดติด
 - 1.3 ผลิตวัตถุบัพของฉนวนจากหญ้าสลาบลวงแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อย
 - 1.4 ผลิตฉนวนจากหญ้าสลาบลวงทั้งแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อย โดยผลิตที่มีความหนา 9 มม. และผลิตฉนวนที่มีความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. เป็นตัวแทนฉนวนความหนาแน่นต่ำ ผลิตฉนวนที่มีความหนาแน่น 400 และ 800 กก./ลบ.ม. เป็นตัวแทนฉนวนความหนาแน่นสูง ซึ่งความหนาแน่นดังกล่าวได้กำหนดจากการศึกษามาตรฐานอุตสาหกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อย โดยการทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties tests) และเชิงกล (Mechanical properties test) ของฉนวนที่มีความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. ใช้วิธีการ และเกณฑ์การตัดสินตามมาตรฐาน JIS A 5905:2003 (Insulation board) ฉนวนที่มีความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม. ใช้วิธีการ และเกณฑ์การตัดสินตามมาตรฐาน JIS A 5908:2003 (Particleboards) Type 8 ที่มีค่าความต้านมอดูลัสแตกร้าวในแนวตามเส้น และขวางเส้นมากกว่าหรือเท่ากับ 8 นิวตัน/ตร.มม. แต่ไม่เกิน 12 นิวตัน/ตร.มม. ส่วนฉนวนที่มีความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. ใช้วิธีการ และเกณฑ์การตัดสินตามมาตรฐาน JIS A 5908:2003 (Particleboards) Type 18 ที่มีค่าความต้านมอดูลัสแตกร้าวในแนวตามเส้น และขวางเส้นมากกว่า หรือเท่ากับ 18 นิวตัน/ตร.มม. การทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน (Thermal conductivity properties test) ใช้วิธีการตามมาตรฐาน ASTM C177-97 ทดสอบฉนวนทั้ง 2 แบบทุกความหนาแน่น และใช้เกณฑ์การตัดสินตามมาตรฐาน JIS A 5905:2003 กับฉนวนที่มีความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. และ JIS A 5908:2003 กับฉนวนที่มีความหนาแน่น 400 และ 800 กก./ลบ.ม.

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนกับวัสดุที่นิยมใช้กันในห้องตลาด แบ่งการศึกษาเป็น 2 กรณีตามลักษณะการใช้งาน คือ กรณีใช้ฉนวนจากหญ้าสลาบลวงที่ผลิตให้มีความหนาแน่นสูงที่ 400 และ 800 กก./ลบ.ม. เป็นผนังภายในเปรียบเทียบกับแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ส่วนในกรณีใช้ฉนวนความหนาแน่นต่ำที่ 200 กก./ลบ.ม. เป็นฉนวนเปรียบเทียบกับฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene Foam, PE) ไม่ติดฟอล์ยความหนาแน่น 35 กก./ลบ.ม. หนา 10 มม. และฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 25 มม. ไม่หุ้มฟอล์ย

4. การประเมินราคาต้นทุนการผลิต

5. สรุป และอภิปรายผลการศึกษา



ภาพที่ 2: แสดงแผ่นฉนวนจากหญ้าสลาบลวงที่ผลิตได้ (ก) ลวดลายแผ่นฉนวนจากหญ้าสลาบลวงแบบคงรูปโครงสร้างใบ (ข) ลวดลายแผ่นฉนวนจากหญ้าสลาบลวงแบบป่นย่อย (ค) ชั้นทดสอบความต้าน มอดูลัสยืดหยุ่น และมอดูลัสแตกกร้าวแบบตัดตามเส้นใบ (ง) ชั้นทดสอบความต้านมอดูลัสยืดหยุ่น และมอดูลัสแตกกร้าวแบบตัดขวางเส้นใบ

ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า มีเพียงวิธีการต้มหญ้าสลาบลวงกับสารละลายโซดาไฟ (Sodium Hydroxide) ความเข้มข้น 20 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 10 นาที เท่านั้นที่สามารถกำจัดไคจากผิวใบ และโครงสร้างโพรงอากาศภายในหญ้าสลาบลวงยังคงสมบูรณ์ การทดลองสารยึดติดในการผลิตแผ่นฉนวนพบว่า การใช้กาวยูเรีย - ฟอรัมาดีไฮด์ (Urea - Formaldehyde) เป็นสารยึดติด ไม่สามารถผลิตหญ้าสลาบลวงที่ผ่านการกำจัดไค และไม่ผ่านการกำจัดไคได้ แต่เมื่อใช้กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins, กาว pMDI) เป็นสารยึดติด จะสามารถผลิตแผ่นฉนวนจากหญ้าสลาบลวงทั้งที่ผ่านการกำจัดไค และไม่ผ่านการกำจัดไคได้ โดยใช้กาวในปริมาณ 5% ของน้ำหนักแผ่น ด้วยการอัดร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C ที่แรงดัน 170 กก./ตร.ซม. เวลาในการอัดร้อน 5 นาที

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เพียงหญ้าสลาบลวงที่ไม่ผ่านการกำจัดไค ในการผลิตเป็นแผ่นฉนวนในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากมีโครงสร้างโพรงอากาศนี้ภายในสมบูรณ์กว่าแบบที่ผ่านการกำจัดไค และใช้กาวไอโซไซยาเนตเป็นสารยึดติด เนื่องจากเป็นสารยึดติดที่ทำให้หญ้าสลาบลวงผลิตเป็นแผ่นฉนวนได้ จากการผลิตทำให้ได้แผ่นฉนวนที่มีลักษณะดังที่แสดงในภาพที่ 2 (ก)

ตารางที่ 1: เปรียบเทียบผลทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใย และแบบป่นย่อยกับมาตรฐาน JIS A 5905 (Insulation Board), JIS A 5908 (Particleboards) Type 8 และ Type 18

ชนิดทดสอบ	ความหนาแน่นDensity (Kg/m ³)	ความชื้นMoisture (% น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อนอบแห้ง)	การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำSwelling in thickness after immersion in Water (% ความหนาที่เพิ่มขึ้นหลังแช่น้ำ)	การดูดซึมน้ำWater Absorption (% น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังแช่น้ำ)
JIS A 5905 (Insulation Board)	<350	5 - 13	<10	-
1. ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใย ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	257.46	7.06	33.64*	144.09
2. ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	261.27	6.92	15.64*	86.47
JIS A 5908 (Particleboards) Type 8	400-900	5 - 13	≤ 12	-
3. ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใย ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	491.12	6.08	67.87*	175.76
4. ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	413.93	6.44	18.09*	89.98
JIS A 5908 (Particleboards) Type 18	400-900	5 - 13	≤ 12	-
5. ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใย ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	876.33	5.48	121.25*	162.10
6. ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	866.39	5.19	32.53*	47.73

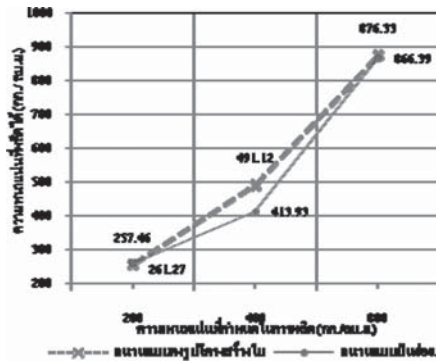
* = ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ ของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อย มีความหนาแน่น และความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ดังที่แสดงในตารางที่ 1 การทดสอบการพองตัวตามความหนาแน่นหลังแช่น้ำพบว่า ฉนวนทั้ง 2 แบบ ทุกความหนาแน่นที่ผลิตมีค่าการพองตัวตามความหนาแน่นหลังแช่น้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังที่แสดงในตารางที่ 1 ส่วนการดูดซึมน้ำไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐาน ยังพบอีกว่าฉนวนยังมีความหนาแน่นสูงการพองตัวตามความหนาแน่นหลังแช่น้ำจะมากขึ้น (ดูแผนภูมิที่ 3) แต่การดูดซึมน้ำจะต่ำลง สังเกตได้จากฉนวนที่ต้องการผลิตให้มีความหนาแน่น 400 และ 800 กก./ลบ.ม.ในแผนภูมิที่ 4 ซึ่งใช้เวลาในการแช่น้ำเท่ากันที่ 24 ชม. ฉนวนที่มีความหนาแน่นมากกว่า 800 กก./ลบ.ม. ดูดซึมน้ำน้อยกว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 400 กก./ลบ.ม. แต่ฉนวนที่มีความหนาแน่นมากกว่า 200 กก./ลบ.ม. มีค่าการดูดซึมน้ำไม่สัมพันธ์กับฉนวนที่ผลิตให้มีความหนาแน่น 400 และ 800 กก./ลบ.ม. เนื่องจากใช้เวลาในการแช่น้ำเพียง 2 ชม.

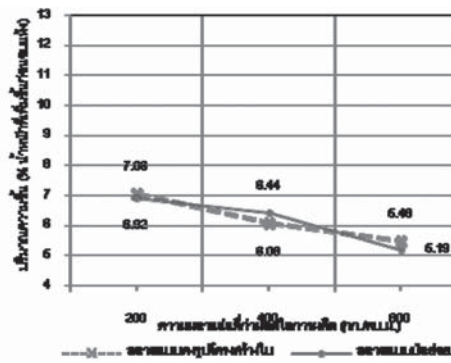
ตารางที่ 2: เปรียบเทียบผลทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อยกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905 (Insulation Board), JIS A 5908 (Particleboards) Type 8 และ Type 18

ชนิดทดสอบ	ความต้านมอดูลัสแตกร้าว Bending strength (N/mm ²)		ความต้านมอดูลัสยืดหยุ่น Bending Young's modulus (N/mm ²)		ความต้านแรงดึง ตั้งฉากผิวหน้า Internal bond (N/mm ²)
	ตัดชิ้นทดสอบ ตามเส้น	ตัดชิ้นทดสอบ ขวางเส้น	ตัดชิ้นทดสอบ ตามเส้น	ตัดชิ้นทดสอบ ขวางเส้น	
JIS A 5905 (Insulation Board)	≥ 2		-		-
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	4.75	1.35*	406.80	63.80	0.026
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	1.15*		52.21		0.019
JIS A 5908 (Particleboards) Type 8	≥ 8		≥ 2000 ตัดชิ้นทดสอบขวางเส้นใบ		≥ 0.15
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	11.74	5.82*	312.64*		0.028*
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	3.02*		391.95*		0.219
JIS A 5908 (Particleboards) Type 18	≥ 18		≥ 3000 ตัดชิ้นทดสอบขวางเส้นใบ		≥ 0.3
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	14.68*	13.28*	749.09*		0.035*
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	25.66		2893.86*		0.307

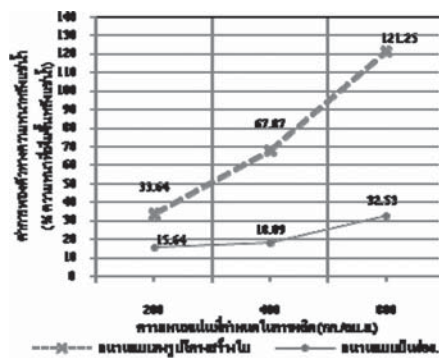
* = ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



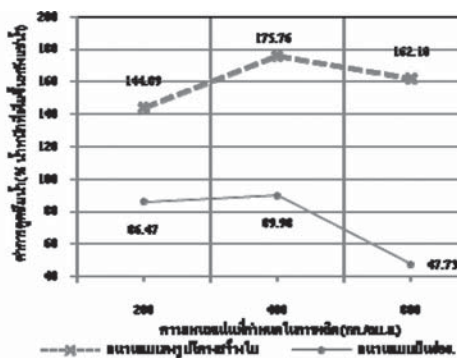
แผนภูมิที่ 1: แสดงความหนาแน่นของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป็น้อย



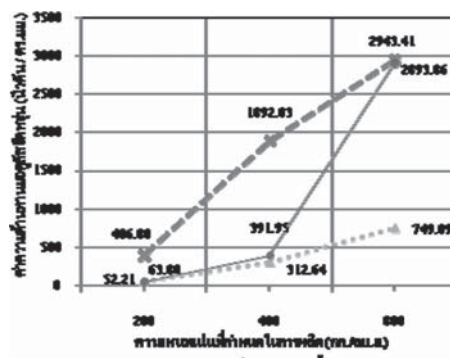
แผนภูมิที่ 2: แสดงความขึ้นของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป็น้อย



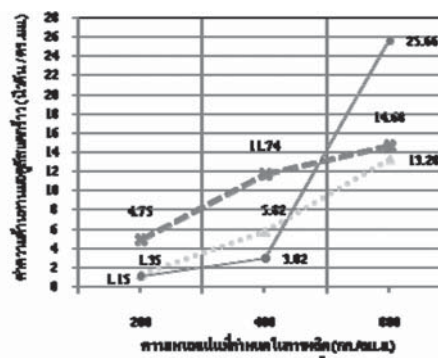
แผนภูมิที่ 3: แสดงค่าการพองตัวของฉนวนหลังขึ้นของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป็น้อย



แผนภูมิที่ 4: แสดงการดูดซึมน้ำของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป็น้อย



แผนภูมิที่ 5: แสดงค่าความต้านมอดูลัสยืดหยุ่นของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป็น้อย



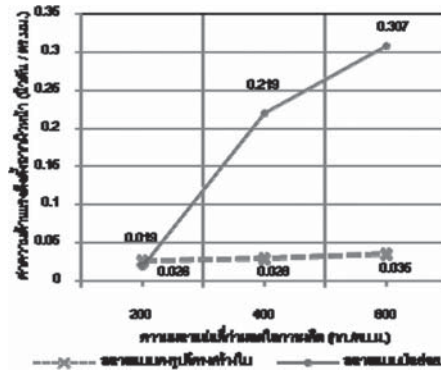
แผนภูมิที่ 6: แสดงค่าความต้านมอดูลัสแตกตัวของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป็น้อย

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล พบว่าที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. แผ่นฉนวนทั้ง 2 แบบ มีคุณสมบัติเชิงกลผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด มีเพียงคุณสมบัติความต้านมอดูลัสแตกร้าวของแผ่นฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบที่ตัดขึ้นทดสอบขวางแนวเส้น และฉนวนแบบป่นย่อย ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แผ่นฉนวนความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม. พบว่า ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีเพียงคุณสมบัติความต้านมอดูลัสแตกร้าวของขึ้นทดสอบที่ตัดตามแนวเส้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908:2003 (Particleboards) Type 8 ส่วนแบบป่นย่อยมีเพียงคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และฉนวนที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. พบว่า ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีผลการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908:2003 (Particleboards) Type 18 ทุกคุณสมบัติที่ทดสอบ ส่วนแบบป่นย่อยมีเพียงคุณสมบัติด้านความต้านมอดูลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ดังที่แสดงในตารางที่ 2 และพบว่าเมื่อฉนวนมีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติด้านความต้านมอดูลัสยืดหยุ่น มอดูลัสแตกร้าว และแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าสูงตามไปด้วย (ดูแผนภูมิที่ 5, 6 และ 7)

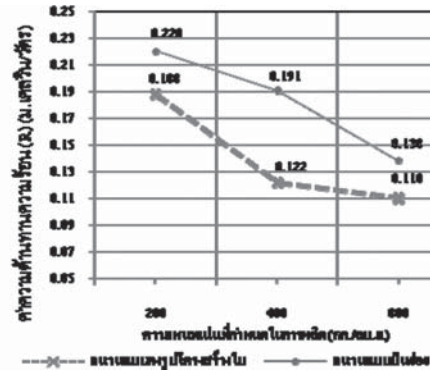
ตารางที่ 3: เปรียบเทียบผลทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อยกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905 (Insulation Board) และ JIS A 5908 (Particleboard)

ขึ้นทดสอบ	ความหนาแน่นที่วัดได้ (กก./ลบ.ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) (วัตต์/ม.เควิน)	ค่าความต้านทานความร้อน (R) (ตร.ม.เควิน/วัตต์)
JIS A 5905 (Insulation Board)		–	≥ 0.163
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	231.57	0.048	0.188
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	228.51	0.041	0.220
JIS A 5908 (Particle Board)		–	–
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	500.58	0.074	0.122
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	422.70	0.047	0.191
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	858.38	0.082	0.110
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	875.34	0.065	0.138

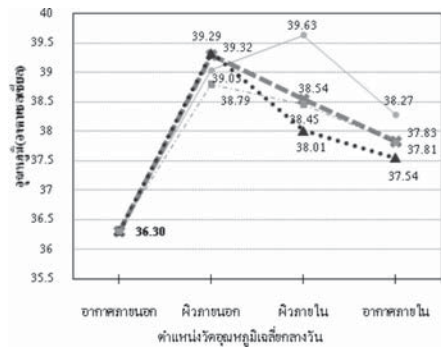
(มาตรฐาน JIS A 5905 (Insulation Board) กำหนดความหนาของแผ่นที่ 9 มม.)



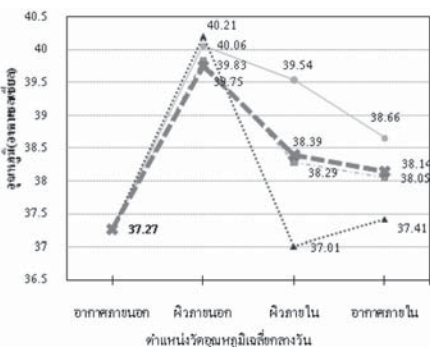
แผนภูมิที่ 7: แสดงค่าความต้านทานเชิงตั้งฉากผิวหน้าของแผ่นแบบไม่ปันย่อย และแบบปันย่อย



แผนภูมิที่ 8: แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของแผ่นแบบไม่ปันย่อย และแบบปันย่อย



แผนภูมิที่ 9: แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 วัน ในช่วงเวลา 6.00 - 18.00 น. ของกล่องทดลองกรณีใช้เป็นผนังภายในทั้ง 4 กล่อง



แผนภูมิที่ 10: แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 3 วัน ในช่วงเวลา 6.00 - 18.00 น. ของกล่องทดลองกรณีใช้เป็นฉนวน ทั้ง 4 กล่อง

การทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบปันย่อยที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. มีค่าความต้านทานความร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905 (Insulation Board) ดังที่แสดงในตารางที่ 3 ส่วนฉนวนที่ความหนาแน่น 400 และ 800 กก./ลบ.ม. ไม่สามารถเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานได้ เนื่องจากฉนวนที่ผลิตมีความหนา 9 มม. ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดในเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 (Particleboards) ที่ 10 มม. และยังพบอีกว่าฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีค่าความต้านทานความร้อนต่ำกว่าแบบปันย่อยที่มีความหนาแน่นเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ความหนาแน่นของฉนวนที่ทำการผลิตพบว่า ฉนวนจากหญ้าสลาบล้วนยังมีความหนาแน่นมากกว่าค่าความต้านทานความร้อนจะยิ่งต่ำลง ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 8

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน กรณีใช้เป็นผนังภายในพบว่า กล่องที่ติดตั้งฉนวนที่มีความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม. มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยทั้ง 3 วัน ในช่วงเวลา 6.00 - 18.00 น. น้อยกว่ากล่องที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. และกล่องที่ติดตั้งแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.05 ตร.ม.เคลวิน/วัตต์ อยู่ 0.29 และ 0.27 °C ตามลำดับ ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 9 ส่วนกรณีใช้เป็นฉนวนพบว่า กล่องที่ติดตั้งฉนวนที่มีความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยมากกว่ากล่องที่ติดตั้งฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene Foam) ความหนาแน่น 35 กก./ลบ.ม. หนา 10 มม. ที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.44 ตร.ม.เคลวิน/วัตต์ เล็กน้อยที่ 0.09 °C และสูงกว่ากล่องที่ติดตั้งฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 25 มม. ที่มีค่าความต้านทานความร้อน 0.71 ตร.ม.เคลวิน/วัตต์ โดยมีอุณหภูมิสูงกว่า 0.73 °C ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 10

ตารางที่ 4: เปรียบเทียบราคาต้นทุนของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และแบบป่นย่อย

รายการฉนวนที่ทำการผลิต	ราคาวัสดุ (บาท)		ราคาต่อแผ่น (50x50x0.9 ซม.) (บาท)	ราคาต่อตารางเมตร (บาท)	อัตราส่วนราคาของหญ้าสลาบลวงสด / ราคา กาว pMDI (%)
	หญ้าสลาบลวง	กาวpMDI			
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	0.82	3	4	16	21 / 79
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	2	6	8	32	21 / 79
ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	3	12	15	64	21 / 79
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม.	2	3	5	20	43 / 57
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม.	4.50	6	10.50	42	43 / 57
ฉนวนแบบป่นย่อย ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.	9	12	21	84	43 / 57

การคำนวณราคาต้นทุนการผลิต งานวิจัยนี้คิดจากปริมาณส่วนที่ใช้ผลิตคือ หญ้าสลาบลวง และกาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins, กาว pMDI) ซึ่งหญ้าสลาบลวงเป็นวัชพืชไม่มีราคามาตรฐานในท้องตลาด ต้องคิดจากปริมาณที่เก็บเกี่ยวได้ใน 1 วัน กับค่าแรงเก็บเกี่ยวที่อ้างอิงจากอัตราค่าแรงขั้นต่ำของกรุงเทพฯ และสมุทรปราการปี 2553 จะได้ราคาดังที่แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งฉนวนแบบป่นย่อยมีราคาสูงกว่าแบบคงรูปโครงสร้างใบอยู่ 27% ที่ความหนาแน่นเดียวกัน และฉนวนยังผลิตให้มีความหนาแน่นมากกว่าราคาต้นทุนจะยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากราคาต้นทุนส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับกาวไอโซไซยาเนต ซึ่งคิดเป็น 79% ของราคาต้นทุนฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และเป็น 57% ของราคาต้นทุนฉนวนแบบป่นย่อย

การอภิปรายผล

การผลิตแผ่นฉนวน มีอุปสรรคในขั้นตอนการผสมกาว และการเตรียมวัตถุดิบในแม่พิมพ์ก่อนอัดขึ้นรูปของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ เพราะใช้วิธีการผลิต และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมาประยุกต์ใช้ ซึ่งขนาด และรูปร่างของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีความแตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถผสมกาวด้วยหม้อผสมกาวได้ และในการเตรียมวัตถุดิบในแม่พิมพ์ก่อนอัดขึ้นรูปของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. มีวัตถุดิบเสียไปจากการร่วจากแม่พิมพ์ลงมามาก อีกทั้งการขาดความชำนาญในการผลิต และการนำสูตรคำนวณในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมาประยุกต์ใช้นั้น มีส่วนทำให้ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนที่ผลิตไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ในสูตรคำนวณ เนื่องจากในกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดในส่วนของขั้นตอนการผสมกาวจะมีวัตถุดิบบางส่วนติดกับหม้อผสมกาว และในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปที่จะมีวัตถุดิบบางส่วนล้นจากแม่พิมพ์ในปริมาณใกล้เคียงกับที่เพื่อไว้สูตรคำนวณ แต่เมื่อใช้กับวัตถุดิบแบบคงรูปโครงสร้างใบที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว จะไม่มีวัตถุดิบเสียไปในขั้นตอนการผสมกาว และในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปจะไม่มีการล้นจากแม่พิมพ์เมื่อฉนวนผลิตที่ความหนาแน่นต่ำ แต่เมื่อผลิตที่ความหนาแน่นสูง จะมีวัตถุดิบล้น และร่วจากแม่พิมพ์มากหลังจากที่ยกแม่พิมพ์ออกก่อนเข้าเครื่องอัดรีด ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบบนแม่พิมพ์กองสูงมากเกินไป

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ พบว่าฉนวนที่ผลิตได้มีความหนาแน่นไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ในสูตรคำนวณเนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญในการผลิตน้อย ความชื้น และการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อฉนวนมีความหนาแน่นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยที่ผ่านมา (กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544 และประยูร สุรินทร์, 2544) ที่ระบุไว้ว่า “ความหนาแน่นของแผ่นที่สูงขึ้น ทำให้ช่องว่างที่เกิดขึ้นน้อยลง และสารยึดติดบางส่วนแทรกตามช่องว่างภายในแผ่นเส้นใย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น และการดูดซึมน้ำของแผ่นลดลง” แต่การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำมีแนวโน้มมากขึ้น เมื่อฉนวนมีความหนาแน่นสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่กล่าวไว้ในเอกสารประกอบการฝึกอบรม และถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ การแปรรูปเศษวัสดุไม้ และเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อใช้ทำเครื่องเรือน และเครื่องใช้ทดแทนไม้ (กรมป่าไม้: 2550) ที่อธิบายไว้ว่า “ไม้ส่วนใหญ่เมื่อเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นมากขึ้นแล้วหลังจาก ดูดซึมน้ำความชื้นแล้ว การพองตัวตามความหนา และความยาวจะเพิ่มขึ้น” ยังพบอีกว่าฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบดูดซึมน้ำ และพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำสูงกว่าแบบป่นย่อย เพราะโครงสร้างภายในของหญ้าสลาบลางที่ไม่มีกาวช่วยยึดเหนี่ยว จะคลายตัวออกหลังแช่น้ำ ทำให้ช่องว่างภายในมีพื้นที่มากขึ้น จึงดูดซึมน้ำมากตามไปด้วย ซึ่งต่างจากแบบป่นย่อยที่มีการยึดเหนี่ยวขึ้นวัตถุดิบไว้ จึงขยายตัว และดูดซึมน้ำน้อยกว่า

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล พบว่าฉนวนจากหญ้าสลาบลางทั้ง 2 แบบ ยังมีความหนาแน่นสูง ความต้านมอดูลัสยืดหยุ่น มอดูลัสแตกร้าว และความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าจะยิ่งสูงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยที่ผ่านมา (กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544 และประยูร สุรินทร์, 2544) ที่ระบุไว้ว่า “การทำให้ความหนาแน่นแผ่นสูงขึ้นสามารถปรับปรุงสมบัติความแข็งแรง ทำให้ความต้านคุณสมบัติทางกลของแผ่นได้ดีขึ้น” และยังพบอีกว่า ฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่าแบบ



ป่นย่อย เมื่อผลิตให้มีความหนาแน่นต่ำ เนื่องจากฉนวนแบบป่นย่อยมีโครงสร้างที่เกิดจากวัตถุบดชิ้นเล็ก ๆ ยึดติดกันด้วยกาว เมื่อมีความหนาแน่นน้อยพื้นที่ยึดติดกาวมีน้อย ทำให้ความแข็งแรงทางกลน้อยลงตามไปด้วย ส่วนแบบคงรูปโครงสร้างใบใช้วัตถุบดเป็นเส้นยาวตลอดทั้งแผ่น วางซ้อนกันเป็นชั้นใช้โครงสร้างที่เป็นเส้นยาวช่วยในการต้านแรงทางกลที่เข้ามากระทำ ทำให้มีความแข็งแรงทางกลมากกว่าแบบป่นย่อย แต่เมื่อผลิตฉนวนที่มีความหนาแน่นสูงฉนวนแบบป่นย่อยจะมีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่าแบบคงรูปโครงสร้างใบ เนื่องจากฉนวนแบบป่นย่อยเมื่อเพิ่มความหนาแน่น จะมีพื้นที่ยึดติดกาวมากขึ้น ทำให้ความแข็งแรงทางกลมากขึ้นตามไปด้วย แต่แบบคงรูปโครงสร้างใบ ถึงแม้จะเพิ่มความหนาแน่นให้สูงขึ้น พื้นที่การยึดติดของกาวจะเพิ่มขึ้นไม่มากเท่าแบบป่นย่อย เนื่องจากฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีพื้นที่บริเวณไส้ที่เป็นโครงสร้างโพรงอากาศภายใน ที่กาวไม่สามารถพ่นเข้าได้ถึง ทำให้ความแข็งแรงทางด้านกลสมบัติน้อยกว่าแบบป่นย่อย มีความต้านแรงดึงตึงฉากผิวหน้าได้เพียงเล็กน้อย แต่จะมีความต้านมอดูลัสยืดหยุ่น และมอดูลัสแตกกร้าวที่ดีขึ้นทดสอบที่ตัดตามแนวเส้นเนื่องจากใช้โครงสร้างที่เป็นเส้นยาวซึ่งจะช่วยในการต้านแรงทางด้านกลสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อน พบว่า แผ่นฉนวนที่ผลิตมีความหนาแน่นไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น เนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญในการผลิตน้อย ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น และมีความคลาดเคลื่อนสูงตามไปด้วย แต่สามารถนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งพบว่า ฉนวนจากหญาสลาบลวงที่มีความหนาแน่นสูงขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) จะยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยที่ผ่านมา (กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544 และ ประยูร สุรินทร์, 2544) ที่ระบุไว้ว่า “ความหนาแน่นสูงขึ้นค่าการนำความร้อนจะสูงขึ้นตามไปด้วย”

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน มีผลการทดสอบสอดคล้องกับค่ากล่าวในวิจัยที่ผ่านมา (ธัญชัย ปุณณกรกิจ, 2548) ที่ระบุไว้ว่า “วัสดุฉนวนที่ดีควรมีค่าความต้านทานความร้อนสูง” ซึ่งกรณีใช้เป็นผนังภายใน พบว่าฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบที่ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม. ลดความร้อนภายในกล่องทดลองในช่วง 6.00-18.00 น. ได้มากกว่าแผ่นที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. และยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. เนื่องจากมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่า ในกรณีใช้แทนฉนวน พบว่าฉนวนที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. ลดความร้อนภายในกล่องทดลองได้น้อยกว่าฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene Foam) ความหนาแน่น 35 กก./ลบ.ม. หนา 10 มม. และฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 25 มม. เนื่องจากมีความหนาที่น้อยกว่าที่ 9 มม. จึงมีค่าความต้านทานความร้อนน้อยกว่า

การประเมินราคาต้นทุนในการผลิต ในงานวิจัยนี้ประเมินจากราคาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ราคาของหญาสลาบลวง และกาวไอโซไซยาเนต ซึ่งยังไม่ครอบคลุมถึงราคาค่าแรงงาน ค่าน้ำ และค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต ซึ่งจากการประเมินราคาพบว่า ฉนวนแบบป่นย่อยมีราคาสูงกว่าแบบคงรูปโครงสร้างใบอยู่ 27 % ที่ความหนาแน่นเดียวกัน เพราะใช้หญาสลาบลวงในการผลิตมากกว่า เนื่องจากวัตถุบดบางส่วนต้องเสียไปกับการป่นย่อย และร้อนคัดขนาด และต้นทุนส่วนใหญ่อยู่ที่กาวไอโซไซยาเนต ซึ่งคิดเป็น 79 % ของฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบ และเป็น 57 % ของแบบป่นย่อย ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยที่ผ่านมา (ธัญชัย ปุณณกรกิจ, 2548) ที่ระบุไว้ว่า “ต้นทุนเกิดขึ้นจากกาวที่นำมาประสานวัสดุ”



สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสรุปได้ว่าหล้าสลาบลวงที่ไม่ผ่านการป่นย่อยสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนได้โดยไม่ต้องกำจัดไขจากผิวใบ ด้วยการใช้กาวไอโซไซยานาตเป็นสารยึดติดในปริมาณ 5% ของน้ำหนักแผ่น อัดร้อนที่อุณหภูมิ 150 °C ที่แรงดัน 170 กก./ตร.ซม. เวลาในการอัดร้อน 5 นาที แต่ฉนวนที่ผลิตได้มีความหนาแน่นไม่ตรงกับที่กำหนดในสูตรคำนวณ เนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญในการผลิตน้อย และฉนวนทั้ง 2 แบบทุกความหนาแน่นผลิต มีการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบจะมีการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำสูงกว่าแบบป่นย่อย เพราะโครงสร้างภายในของหล้าสลาบลวงที่ใช้ผลิตไม่มีกาวช่วยยึดเหนี่ยว จึงคลายตัวออกหลังแช่น้ำ ทำให้มีการดูดซึมน้ำมากตามไปด้วย

จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลสรุปได้ว่า ฉนวนจากหล้าสลาบลวงเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น มีผลทำให้ความแข็งแรงทางกลสูงขึ้นด้วย และฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีคุณสมบัติดีกว่าแบบป่นย่อย โดยเฉพาะที่ผลิตให้มีความหนาแน่นต่ำ 200 กก./ลบ.ม. เพราะชั้นวัสดุที่ให้มีโครงสร้างที่เป็นเส้น วางยาวตลอดทั้งแผ่น ทำให้มีความแข็งแรงทางกลมากกว่าแบบป่นย่อยที่ใช้วัสดุติดขึ้นเล็กๆ ยึดติดกันด้วยกาว เมื่อมีความหนาแน่นต่ำพื้นที่ยึดติดกาวมีน้อยความแข็งแรงทางกลจึงต่ำลงตามไปด้วย แต่เมื่อผลิตให้มีความหนาแน่นสูง ฉนวนแบบป่นย่อยจะมีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่า เพราะมีพื้นที่ให้กาวยึดติดมากขึ้น แต่แบบคงรูปโครงสร้าง ใบมีพื้นที่โครงสร้างโพรงอากาศภายในที่กาวไม่สามารถพ่นเข้าได้ จึงไม่มีการยึดติด ทำให้ความแข็งแรงทางกลน้อยกว่าแบบป่นย่อยที่ความหนาแน่นเดียวกัน และพบว่าฉนวนจากหล้าสลาบลวงที่มีความหนาแน่นต่ำมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนดีกว่าที่มีความหนาแน่นสูง และฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีค่าความต้านทานความร้อนต่ำกว่าแบบป่นย่อยเล็กน้อยที่มีความหนาแน่นเดียวกัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนสรุปได้ว่า ในกรณีที่ใช้เป็นผนังภายในฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบที่ความหนาแน่น 400 กก./ลบ.ม. มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีกว่าฉนวนที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. และแผ่นยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. เนื่องจากมีค่าความต้านทานความร้อนมากกว่า ส่วนในกรณีใช้เป็นฉนวน แผ่นฉนวนที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene Foam) ความหนาแน่น 35 กก./ลบ.ม. หนา 10 มม. แต่ด้อยกว่าฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม. หนา 25 มม. มม. เนื่องจากมีค่าความต้านทานความร้อนน้อยกว่า และเมื่อคำนวณราคาต้นทุนสรุปได้ว่าฉนวนแบบคงรูปโครงสร้างใบมีราคาต้นทุนต่ำกว่าแบบป่นย่อย เนื่องจากใช้วัสดุดิบหล้าสลาบลวงน้อยกว่า และราคาต้นทุนส่วนใหญ่อยู่ที่กาวที่ใช้เป็นสารยึดติด



ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาวิธีการผลิต และทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นฉนวน จนได้แผ่นที่มีความหนาแน่นตามที่กำหนดในรายการคำนวณ ก่อนการผลิตแผ่นจริงที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติ
2. ควรทดลองลดความหนาแน่นในการผลิตลง เพื่อลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และราคาต้นทุน
3. ควรทดลองผสมสารป้องกันความชื้น และลดการดูดซึมน้ำในการผลิต เนื่องจากวัสดุที่ผลิตได้ทั้งหมดมีการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

บรรณานุกรม

กรมป่าไม้. เอกสารประกอบการฝึกอบรม และถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ การแปรรูปเศษวัสดุไม้และเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อใช้ทำเครื่องเรือน และเครื่องใช้ทดแทนไม้. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้, 2550.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. การนำเข้าสินค้าตามโครงสร้างสินค้าสำคัญ [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2550.เข้าถึงได้จาก http://www.ops3.moc.go.th/import/recode_import/report.asp

กิตติศักดิ์ บัวศรี. การศึกษากระบวนการผลิต และสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนจากขาน้อย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงาน และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2544.

ประยูร สุรินทร์. การผลิตฉนวนความร้อนจากฟางข้าว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงาน และวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2544.

ธัญชัย ปุณณวรกิจ. การพัฒนาฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2548.

สัญญา โชคดีพาณิชย์ และพัฒน์ เดชาวิจิตร. การพัฒนาการใช้ต้นหญ้าสลาบลวงในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด. โครงการวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538.

รัตติยา มณีศรี, ปิยวัฒน์ ช่างเพชร และปิติ อมรศิลป์. การพัฒนาการใช้วัชพืชเพื่อทดแทนไฟเบอร์บอร์ด. โครงการวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539.

อำไพ ยงบุญเกิด. อนุกรมวิธานพืช อักษร ก. ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: เพื่อนพิมพ์จำกัด. 2548.

สุนันทา เพ็ญสุด, ริพร ซึ่งสนธิพร และศิริพร บุญดาว. การศึกษาชีววิทยา และการแพร่ระบาดของกกช้างในระบบชลประทาน. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัย และพัฒนากรมชลประทาน. 2544.



ฉบับที่ 26 ประจำปีการศึกษา 2554 427



